

#33/7/02
Phi

Docket No. 837.1963/JDH

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

Yutaka KAI, et al.

Serial No.: Unassigned

Group Art Unit: Unassigned

Filed: March 12, 2001

Examiner: Unassigned

For: LIGHT SOURCE DEVICE AND WAVELENGTH CONTROL DEVICE THEREFOR

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. §1.55**

*Honorable Commissioner of
Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231*

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. §1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No. 2000-330298 filed: October 30, 2000.

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. §119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: March 12, 2001

By: _____

James D. Halsey, Jr.
Registration No. 22,729

700 Eleventh Street, N.W., Suite 500
Washington, D.C. 20001
(202) 434-1500



日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

11046 U.S. PTO
09/804250
03/13/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 0 年 1 0 月 3 0 日

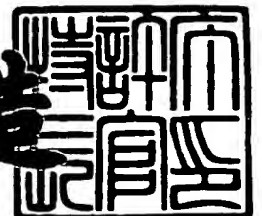
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 0 - 3 3 0 2 9 8

出 願 人
Applicant (s): 富士通株式会社

2 0 0 0 年 1 2 月 1 5 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 0 - 3 1 0 4 9 7 9

【書類名】 特許願

【整理番号】 0051186

【提出日】 平成12年10月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 09/00

【発明の名称】 光源装置及び光源装置の波長制御装置

【請求項の数】 4

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

 【氏名】 甲斐 雄高

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

 【氏名】 宮田 英之

【特許出願人】

 【識別番号】 000005223

 【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100075384

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 松本 昂

 【電話番号】 03-3582-7477

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 001764

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704374

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光源装置及び光源装置の波長制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のレーザダイオードと、

上記複数のレーザダイオードの近傍に設けられた温度センサと、

上記温度センサの出力に基づき上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、

上記複数のレーザダイオードから選択される参照レーザダイオードの温度制御条件に従って他のレーザダイオードの温度制御条件を補償する手段とを備えた光源装置。

【請求項 2】 複数のレーザダイオードを有する光源装置の波長制御装置であって、

上記複数のレーザダイオードの近傍に設けられた温度センサと、

上記温度センサの出力に基づき上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、

上記複数のレーザダイオードから選択される参照レーザダイオードの温度制御条件の変化に従って他のレーザダイオードの温度制御条件を補償する手段とを備えた制御装置。

【請求項 3】 複数のレーザダイオードと、

上記複数のレーザダイオードの近傍に設けられた第 1 の温度センサと、

上記複数のレーザダイオードが駆動されるときに上記第 1 の温度センサが設けられる位置と比較して相対的に低温な位置に設けられる第 2 の温度センサと、

上記第 1 の温度センサの出力に基づき上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、

上記第 2 の温度センサの検出温度に従って上記第 1 の温度センサの検出温度を補償する手段とを備えた光源装置。

【請求項 4】 複数のレーザダイオードを有する光源装置の波長制御装置であって、

上記複数のレーザダイオードの近傍に設けられた第 1 の温度センサと、

上記複数のレーザダイオードが駆動されるときに上記第 1 の温度センサが設けられる位置と比較して相対的に低温な位置に設けられる第 2 の温度センサと、

上記第 1 の温度センサの出力に基づき上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、

上記第 2 の温度センサの検出温度に従って上記第 1 の温度センサの検出温度を補償する手段とを備えた制御装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は波長分割多重に適した光源装置及びその光源装置の波長制御装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

比較的多量の情報を伝送するために、光ファイバ伝送路を用いた光通信システムが使用されている。そのために低損失（例えば 0. 2 d B / k m）な光ファイバが光ファイバ伝送路として製造され使用されている。加えて、長距離の伝送を可能にするために、光ファイバ伝送路における損失を補償するための光増幅器が使用されている。

【 0 0 0 3 】

一本の光ファイバによる伝送容量を増大させるための技術として、波長分割多重（WDM）が知られている。WDMを採用したシステムにおいては、異なる波長を有する複数の光キャリアがデータにより個別に変調される。各変調されたキャリアは、光信号を伝送するWDMシステムの 1 つのチャンネルを与える。これらの光信号（即ち変調されたキャリア）は次いで光マルチプレクサにより波長分割多重され、WDM信号光が得られる。WDM信号光は光ファイバ伝送路を介して伝送される。伝送路を介して受信されたWDM信号光は、光デマルチプレクサにより個々の光信号に分けられる。従ってこれら個々の光信号に基づいてデータが検出され得る。このように、WDMを適用することによって、WDMのチャンネル数に従って一本の光ファイバの伝送容量の増大が可能になる。

【 0 0 0 4 】

近年では、1つの点と他の1つの点とを光ファイバにより接続してなるシステムだけでなく、複数の点の間を光ファイバ伝送路により接続してなる光波ネットワークの構築が望まれている。WDMによると、光ファイバの広帯域性及び大容量性を有効利用することができ、更に適切な光フィルタを用いることにより、変調方式や伝送速度によらず光信号の選択、分岐及び挿入が可能となり、従ってWDMは光波ネットワークを構築する上で有効な技術である。近年、IP（インターネットプロトコル）トラフィックが急増しており、それに対応するため、WDM伝送装置の導入が相次いで実施されている。

【 0 0 0 5 】

WDMでは、波長（光周波数）の異なる複数の光源が必要である。現在では、100GHz間隔の波長配置が主流であり、8乃至128波程度の波長分割多重を行うシステムが開発されている。この種のシステムにおいて使用される光源は通常DFB（分布帰還）レーザであり、発振波長ごとに個別品種化された固定波長光源として提供されている。例えば、32波のWDMシステムでは、32種類の光源（レーザ）が存在し、将来的に波長多重数が更に増大してきた場合には、予備光源の品種が増大し深刻な問題となり得る。

【 0 0 0 6 】

この問題に対処するためには、1つで複数の波長をまかなうことができるチューナブルレーザが有効である。即ち、チューナブルレーザは一台で複数波長に対応することができるので、WDMの光源の予備（スペア）として品種削減に有効である。また、光信号の分岐及び挿入を行うための光ADM（アッドドロップマルチプレクサ）においても、光信号を挿入する際にチューナブルレーザを用いることにより任意の空きチャネルの波長で光信号を挿入することができる。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

例えば、8個のDFBレーザを集積化し、温度により発振波長を制御するチューナブルレーザが開発されている。このチューナブルレーザでは、一台で多波長の光信号を出力することができるという利点を有している反面、チューナブルレ

ーザと組み合わせて使用されるべき波長制御装置の構成が複雑になるという問題がある。

【0008】

よって、本発明の目的は、WDMに適用可能な光源装置において、波長制御を容易に行い得るようにすることである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の側面によると、光源装置が提供される。この光源装置は、複数のレーザダイオードと、複数のレーザダイオードの近傍に設けられた温度センサと、温度センサの出力に基づき複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、複数のレーザダイオードから選択される参照レーザダイオードの温度制御条件に従って他のレーザダイオードの温度制御条件を補償する手段とを備えている。

【0010】

例えば、制御ループは、複数のレーザダイオードに光学的に結合され透過率が波長に対して実質的に周期的に変化する光フィルタと、光フィルタの透過光の強度が一定になるように複数のレーザダイオードの各々の温度を制御する手段とを含むことができる。この場合、本発明による温度制御条件の補償により、簡単な波長制御装置の構成により各レーザダイオードの発振波長をWDMの各波長チャネルに安定化することができ、発明の目的の1つが達成される。

【0011】

本発明の第2の側面によると、複数のレーザダイオードを有する光源装置の波長制御装置が提供される。この制御装置は、複数のレーザダイオードの近傍に設けられた温度センサと、温度センサの出力に基づき複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、複数のレーザダイオードから選択される参照レーザダイオードの温度制御条件の変化に従って他のレーザダイオードの温度制御条件を補償する手段とを備えている。

【0012】

本発明の第3の側面によると、光源装置が提供される。この光源装置は、複数

のレーザダイオードと、複数のレーザダイオードの近傍に設けられた第 1 の温度センサと、複数のレーザダイオードが駆動されるときに第 1 の温度センサが設けられる位置と比較して相対的に低温な位置に設けられる第 2 の温度センサと、第 1 の温度センサの出力に基づき複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、第 2 の温度センサの検出温度に従って第 1 の温度センサの検出温度を補償する手段とを備えている。

【 0 0 1 3 】

本発明の第 4 の側面によると、複数のレーザダイオードを有する光源装置の波長制御装置が提供される。この制御装置は、複数のレーザダイオードの近傍に設けられた第 1 の温度センサと、複数のレーザダイオードが駆動されるときに第 1 の温度センサが設けられる位置と比較して相対的に低温な位置に設けられる第 2 の温度センサと、第 1 の温度センサの出力に基づき複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、第 2 の温度センサの検出温度に従って第 1 の温度センサの検出温度を補償する手段とを備えている。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の望ましい実施形態を詳細に説明する。

【 0 0 1 5 】

図 1 は WDM に適用可能なチューナブルレーザのチップ構成を示す透視図である。このチューナブルレーザは、アレイ状に配列された複数の DFB-LD（レーザダイオード）素子 2 と、光カプラ 4 と、半導体光増幅器（SOA）6 とを同一の基板 8 上に集積化して構成されている。各 DFB-LD 素子 2 から出力された光信号は光カプラ 4 を介して半導体光増幅器 6 に供給され、そこで増幅されて出力される。

【 0 0 1 6 】

複数の DFB-LD 素子 2 は、同一温度で駆動されたときに一定間隔（例えば 4 0 0 G H z （ 3 . 2 n m ） ） ずつで中心波長が異なるように設計されている。各 DFB-LD 素子 2 は、0 . 0 8 ~ 0 . 1 1 n m / ° C 程度の発振波長の温度依

存性を有しており、従って、約 8 ～ 1 0 ℃ の温度変化を与えることによって発振波長は 0. 8 n m (1 0 0 G H z) 変化することになる。つまり、3 0 ℃ 温度を変化させると、I T U - T で勧告されているグリッド 4 チャンネル分 (3 0 0 G H z) 発振波長が変化する。従って、D F B - L D 素子 2 の 1 つが 4 チャンネルを担当することができるのであれば、8 素子で 3 2 チャンネル (5 0 G H z の波長間隔の配置では 6 4 チャンネル) の帯域をカバーすることが可能である。

【 0 0 1 7 】

図 2 は図 1 に示されるチューナブルレーザの波長チャンネルの分担例を示す図である。縦軸は波長、横軸は温度を表しており、8 つの D F B - L D 素子 2 (D F B # 1 ～ D F B # 8) がそれぞれ短波長側から順に 4 チャンネルずつ分担している例が示されている。

【 0 0 1 8 】

図 3 は本発明による光源装置としての光源モジュールの実施形態を示す図である。この光源モジュールは、モジュールハウジング 1 0 内に光源ユニット 1 2 と制御ユニット (マルチ波長ロッカー) 1 4 とを有している。

【 0 0 1 9 】

光源ユニット 1 2 は、ハウジング 1 0 に対して熱交換可能に設けられたペルチェ素子 1 6 と、ペルチェ素子 1 6 上に固定された L D ベース 1 8 と、ベース 1 8 上に設けられた L D アレイチップ 2 0 と、L D アレイチップ 2 0 の近傍に設けられた温度センサとしてのサーミスタ 2 4 とを備えている。L D アレイチップ 2 0 としては、例えば図 1 に示されるチューナブルレーザが使用可能である。L D アレイチップ 2 0 から出力された光は、レンズ 2 6 を介して出力される。

【 0 0 2 0 】

制御ユニット 1 4 は、ハウジング 1 0 に対して熱交換可能に設けられたペルチェ素子 2 8 と、ペルチェ素子 2 8 上に固定されたエタロンベース 3 0 と、ベース 3 0 上に設けられたエタロンフィルタ 3 2 及びガラスブロック 3 4 とを備えている。ガラスブロック 3 4 は、台形柱形状を有しており、その長手方向に光源ユニット 1 2 から出力された光が透過するように設けられている。ガラスブロック 3 4 の入力側及び出力側の斜面にはそれぞれカプラ膜 3 6 及び 3 8 が設けられてお

り、光源ユニット 1 2 から出力された光の一部がそれぞれカプラ膜 3 6 及び 3 8 により分岐されるようになっている。カプラ膜 3 6 で分岐された光は、エタロンフィルタ 3 2 を透過してフォトディテクタ 4 0 によりその強度に応じた電気信号に変換される。カプラ膜 3 8 で分岐された光は、そのままフォトディテクタ 4 2 によりその強度に応じた電気信号に変換される。

【 0 0 2 1 】

エタロンフィルタ 3 2 の透過率は光の波長又は周波数に従って周期的に変化する。従って、フォトディテクタ 4 0 及び 4 2 の受光レベルの比が一定になるように DFB-LD 素子 2 の温度を変化させることによって、波長制御が可能である。

【 0 0 2 2 】

マルチ波長ロッカーの一部として使用されるエタロンフィルタ 3 2 は、その材質にもよるが例えば一般的なガラス材質では約 $10 \text{ pm}/^\circ\text{C}$ の温度依存性を有している。従って、エタロンフィルタ 3 2 が LD アレイチップ 2 0 と同じベースに載置されていると、LD アレイチップ 2 0 の温度変化によってエタロンフィルタ 3 2 の透過ピークが変動する。そこで、この実施形態では、LD アレイチップ 2 0 が載置される LD ベース 1 8 とは別に設けられたエタロンベース 3 0 にエタロンフィルタ 3 2 が載置されている。

【 0 0 2 3 】

エタロンフィルタ 3 2 としては、WDM の波長間隔の 2 倍の周期の FSR（フリースペクトラルレンジ）を持つものを使用するため、引き込み範囲は幅で波長間隔の 2 倍程度しかない。より特定的には、波長間隔が 100 GHz である場合には、引き込み幅は $\pm 100 \text{ GHz}$ （幅として 200 GHz ）より狭い。そのため、波長ロッカーで波長引き込み処理を行う前に、サーミスタ 2 4 でのモニタ温度を目標とした温度制御によって LD アレイチップ 2 0 の初期立ち上げ波長を波長ロッカーの引き込みレンジ内に制御することが重要である。サーミスタ 2 4 でのモニタ温度を目標として引き込んだ立ち上げ波長が隣の波長引き込み可能範囲内だった場合、エタロンフィルタ 3 2 の透過率の波長に対する周期性において、間違っても隣の波長に引き込まれる可能性がある。以下、LD アレイチップ 2 0 の

初期立ち上げ波長変動を波長ドリフトと称する。

【0024】

マルチ波長ロッカーの波長引き込み範囲内に入るまで、サーミスタ24を基準にして各LDの温度が目標温度まで引き込まれる。目標温度まで引き込まれた後は、エタロンフィルタ透過後のフォトディテクタ40によるモニタパワーを用いて目標パワーになるように制御される。従って、サーミスタ24により測定された温度が波長ドリフトにより製造時の温度から変化したとしても、目標波長まで引き込むことが可能である。

【0025】

例えば、1550.0nm, +5dBmを出力するためにLD素子2の1つを駆動するとして、マルチ波長ロッカーで引き込んだときの設定値が、製造時は100mA, 25℃であったとする。長年その素子を使用したのち、マルチ波長ロッカーで引き込み後の設定値が120mA, 28℃に変化していても、マルチ波長ロッカーを基準としているため、見た目には同じ波長の光が出力されている。しかし、さらにその素子が劣化し、波長ドリフトが大きくなって、その素子で1550.0nmを出力するためには130mA, 33℃に設定しなければならない場合、立ち上げ時は製造時の100mA, 25℃に制御しようとするため、実際の1550.0nm, +5dBmではなく、1549.2nm, +3dBmという光が出力されることがあり得る。この場合、マルチ波長ロッカーは隣のロック点へ引き込もうとするため、求められている1550.0nmに制御することができないという問題が生じる。

【0026】

LDアレイチップ20の波長ドリフトの要因を調査した結果、次のことが判明した。

【0027】

(1) LD電流密度変化に関しては、短波長側及び長波長側のドリフト量はそれぞれ-433pm及び433pmであった。

【0028】

(2) サーミスタ劣化による波長ドリフトに関しては、短波長側及び長波長

側のドリフト量はそれぞれ -20 pm 及び 853 pm であった。

【0029】

(3) LDケース（モジュールハウジング10）の温度のあおりによる波長ドリフトに関しては、短波長側及び長波長側のドリフト量はそれぞれ -28 pm 及び 50 pm であった。

【0030】

従って、合計では、短波長側及び長波長側のドリフト量はそれぞれ -481 pm 及び 1336 pm であった。

【0031】

(1)～(3)の全ての要因が重なると、最大で $-0.5\sim+1.3\text{ nm}$ まで同一温度に制御したときの立ち上げ波長が変化することになる。波長間隔が 0.8 nm （ 100 GHz ）である場合、マルチ波長ロッカー（エタロンフィルタ32）で波長を引き込むことができる幅は最大で $-0.8\sim+0.8\text{ nm}$ であるため、長波長側のグリッドに引き込まれる可能性がある。また、波長間隔が 0.4 nm （ 50 GHz ）である場合、波長引き込み可能範囲は最大で $-0.4\sim+0.4\text{ nm}$ であるため、両隣のグリッドに引き込まれる可能性がある。

【0032】

(1) LD電流密度変化による波長ドリフトは、LDを長時間使用することによってLDの電流密度が変化し、同一温度における発振波長が変化することを意味する。これは急激な変化ではなく、長時間の使用によって徐々に変化するものである。

【0033】

(2) サーミスタ劣化による波長ドリフトでは、波長が長波長側に大きくずれている。8素子のアレイで多波長をカバーするためには、温度制御によりチップの設定温度を $15\sim50^{\circ}\text{C}$ まで変化させる必要がある。高温で長時間使用した場合、或いはサーミスタの熱時定数よりも早い周期で温度を変化させる場合、サーミスタ自身の劣化やサーミスタを固定している接着剤の劣化が生じ、実際の温度とサーミスタによるモニタ温度との間にずれが生じるという問題が発生する。

(1)と同様にサーミスタ劣化は急激に発生するものではない。

【 0 0 3 4 】

(3) LDケースの温度のあおりによる波長ドリフトは、LDの温度とケースの温度との差によって熱が回りこみ、LDチップ温度が変化することを表す。これは経時劣化とは関係なく、環境温度の変化や波長切り替え時に生じるドリフトである。

【 0 0 3 5 】

(2) のサーミスタ劣化による波長ドリフトを改善するために別の温度センサを用いたとしても、(1) と (3) だけでエタロンの波長引き込み幅 (例えば $\pm 0.4 \text{ nm}$) を超えているため、この波長ドリフトを補償することが求められている。

【 0 0 3 6 】

図4は本発明による光源装置 (波長制御装置を含む) のブロック図である。制御や駆動に関連する種々の演算を行うために、CPU46が設けられている。CPU46は、演算のためのデータやプログラムが格納されたEEPROM48に双方向バスにより接続されている。また、CPU46は演算結果を一時的に記憶するためのRAM50に双方向バスにより接続されている。図3に示される光源モジュール51のLDアレイチップ20を駆動するためにLD駆動回路53が設けられており、駆動回路53にはD/Aコンバータ52を介してCPU46から駆動電流等に関するデータが供給される。光源モジュール51のフォトディテクタ40及び42の出力はA/Dコンバータ54を介してCPUに供給される。LDアレイチップ20及びエタロンフィルタ32の温度を制御するために、ペルチェ素子16及び28には温度制御回路56が接続されており、制御回路56には制御のための信号がCPU46からD/Aコンバータ58を介して供給される。温度制御に関連する温度測定のためのサーミスタ24及び44の出力はA/Dコンバータ60を介してCPU46に供給される。

【 0 0 3 7 】

今、LDアレイチップ20が8アレイの素子であるとする、各LDの発振波長は 10°C で約 0.8 nm 変化するので、先に示したように、図2に示されるように 3.2 nm 間隔で各LDの中心波長を設計すると、 30°C の変化で4波長を

カバーすることができる。従って、8アレイである場合、連続した32波（0.8nm間隔）をカバーすることができる。

【0038】

望ましくは、8つのLDの内の1つのLDをリファレンスとして、通常は使用しないようにする。この場合、7つのLDで4波長ずつ分担し、28波長が出力可能なチューナブルレーザとなる。より一般的には、a個のLDをアレイ化し、b波長ずつ分担させ、最大で $a \times b$ 波長を出力可能なチューナブルレーザを得ようとする場合には、 $(a + 1)$ 個のLDをアレイ化しておき、1つはリファレンス用として通常は使用しないようにする。

【0039】

或いはまた、図5に示されるように、全てのLDを使用して出力可能なチャネル数を増やす場合、低温側でしか常用しないLDをリファレンスとする。図5は波長チャネルの他の分担例を表として示しており、ここでは、第44チャネル（CH44）を担当しているアレイ8がリファレンスとなっている。リファレンスとなったLD（ここではアレイ8）は通常使用しても構わないが、通常使用時はLD劣化（電流密度或いはその変化）を小さくするために、常に常温以下で使用する事が望ましい。

【0040】

リファレンスとなったLDは、常用されないので、劣化が少なく、従ってLD電流密度変化が殆どない。そのため、リファレンスとしてのLDをその製造時に波長ロッカーで波長安定化した後の温度設定値（ T_{ref1} ）と、長時間（例えば10年程度）経過したのちに波長ロッカーで波長安定化した後の温度設定値（ T_{ref2} ）が異なっている場合、そのずれ分（ $T_{ref1} - T_{ref2}$ ）はサーミスタの劣化によるものと考えられる。つまり、LD電流密度の変化が少ないLDを用いて、初期温度設定値と最新の温度設定値とを比較し、その差をサーミスタ劣化に起因するものとする事によって、サーミスタ劣化量（初期温度設定値とのずれ）を把握することが可能となる。

【0041】

前述した（3）のLDケース温度のあおりは、（1）及び（2）の要因と比較

して非常に小さく、初期引き込み時のような比較的制御時間に余裕のある状態では無視することができるので、擬似的に次のように考えることができる。

【 0 0 4 2 】

(LDの波長ドリフト量) = ((1) のLD電流密度変化分) + ((2) のサーミスタ劣化分)

従って、各LDの波長ドリフト量とサーミスタ劣化分とが分かれば、LD電流密度変化を個別に算出することができ、それを補償することができる。各LDの波長ドリフト量は、製造時に調整した温度設定値 T_{ref1} と、一定時間経過後の最新の温度設定値 T_{ref3} とを比較することで算出可能である。より特定のには、次の式によって算出可能である。

【 0 0 4 3 】

(波長ドリフトに相当する温度変化) = $T_{ref1} - T_{ref3}$

また、LDアレイチップ20の温度を検出するためのサーミスタ24は、この実施形態ではひとつだけなので、(2)のサーミスタ劣化による波長ドリフトは8つのLDで共通であるのに対して、(1)のLD電流密度変化はLDの使用頻度によって個別に異なる。

【 0 0 4 4 】

そのため、あるLDで算出した波長ドリフト量を用いて他のLDの補正を行おうとしても、正しい補正は困難である。

【 0 0 4 5 】

従って、LD個別に波長ドリフト量を算出する必要がある。8つのLDのそれぞれの波長ドリフト量 λ_n を蓄積し、光出力中のLDに対して例えば一定の時間間隔で最新の温度設定値 T_{ref} を各LDに関して更新していくことで常に各LDの波長ドリフトに相当する温度変化分を把握することができ、LD個別に波長ドリフトの補正を行うことができる。

【 0 0 4 6 】

図6を参照すると、図4に示される装置において、波長ドリフトを補正した立ち上げ処理のフローチャートが示されている。まず、ステップ101では、装置の電源が投入され、立ち上げ処理が開始される。次いで、EEPROM48に記

憶されている設定値を用いてリファレンス用のLDが立ち上げられる。そして、ステップ103ではリファレンス用LDの温度が設定値によって決定される目標温度に安定化されるように温度制御回路56が動作し、リファレンス用LDからの光出力が開始される。

【0047】

そののち、ステップ104では、マルチ波長ロッカーを用いた波長引き込み処理、即ちフィードバック制御がリファレンス用LDに関して行われる。

【0048】

次いで、ステップ105では、サーミスタ劣化（サーミスタ24の劣化）が算出される。より特定のには、波長引き込み後の最新温度設定値と初期温度設定値とが比較され、サーミスタ劣化温度分が算出される。即ち、次の式で表される演算が実行される。

【0049】

$$(\text{サーミスタ劣化温度分}) = (\text{初期温度設定値}) - (\text{最新温度設定値})$$

その後、ステップ106では、リファレンス用LDがオフにされ、所望チャンネルの設定データがEEPROM48から読み込まれる。

【0050】

そして、ステップ107では、所望チャンネルに関してLD電流密度変化が算出される。より特定のには所望チャンネルの波長の光を出力するLDの最新温度設定値が読み込まれ、初期温度設定値との温度ずれが算出される。そして、その温度ずれとステップ105で算出されたサーミスタ劣化温度分とから所望チャンネルのLDの電流密度変化が算出される。即ち、次の式で表される演算が実行される。

【0051】

$$(\text{LD電流密度変化}) = [(\text{所望チャンネルの初期温度設定値}) - (\text{最新温度設定値})] - (\text{サーミスタ劣化温度分})$$

そして、ステップ108では所望チャンネルに関して温度補正が実行される。より特定のには所望チャンネルのLDの立ち上げ温度が次の式に従って補正される。

【0052】

$$(\text{LD立ち上げ温度}) = (\text{LDの初期温度設定値}) + (\text{サーミスタ劣化分}) +$$

(LD電流密度変化)

次いで、ステップ109では、所望チャンネルに関して温度制御が開始される。

【0053】

そして、ステップ110で、ステップ109における温度制御の結果が安定した後、そのチャンネルに関して光出力がオンにされる。

【0054】

そして、ステップ111により、そのチャンネルに関してマルチ波長ロッカーによる波長引き込み処理が行われ、立ち上げ処理が終了する。

【0055】

なお、この立ち上げ処理が終了した後、マルチ波長ロッカーで波長制御を行いながら、一定時間間隔でそのときに出力中のLDの温度設定値を記憶しておくことによって、前述した補正処理の更新を容易に行うことができる。

【0056】

この実施形態では、8個のLDを有するLDアレイチップ20に関して説明したが、それ以外のものでももちろん差し支えない。例えば、4つのLDである場合には、その内の1つをリファレンスとして、残り3つのLDを通常使用するようにすれば良い。より一般的には、N個のLDを有するLDアレイチップを用いる場合には、 k ($1 \leq k < N$) 個のLDをリファレンスとし、残りを通常使用する構成とすれば良い。

【0057】

リファレンス用のLDとしては、アレイの端のLDを用いることが望ましい。アレイの中央付近のLDをリファレンス用にした方が全LDの平均が取れるという利点があるが、リファレンス用のLDを中央付近のLDにすると、LDアレイチップの製造に際しての中心波長の制御が困難になることがある。これは、リファレンス用LD以外のLDを位置的に連続して一括形成した方が製造に際しての波長制御が容易であるからである。

【0058】

一方、LDアレイチップ20の温度を検出するためのサーミスタ24は、全LDの温度を一括してモニタリングするために、図7に示されるように、全LDの

配列方向の概ね中央の近傍に位置していることが望ましい。なお、図 7 において、LD 1 ~ LD 8 は図 1 に示される DFB-LD 素子 2 に対応している。

【 0 0 5 9 】

個々の LD の波長ドリフト量に相当する温度変化分は、最新温度設定値と初期温度設定値とを比較することで算出可能である。また、サーミスタ劣化量を把握することができれば、各 LD の電流密度変化を個別に算出することができる。

【 0 0 6 0 】

図 3 に示される光源モジュールにおいては、LD アレイチップ 2 0 の温度検出用にサーミスタ 2 4 が用いられ、エタロンフィルタ 3 2 の温度検出用にサーミスタ 4 4 が用いられている。サーミスタ 2 4 は、LD ベース 1 8 に搭載されているので、出力波長チャンネルが変化するたびにその温度が変化する。従って、サーミスタ 2 4 の温度は最高で 5 0 °C 近くで維持されることがあり、その劣化が激しい。一方、サーミスタ 4 4 は、エタロンフィルタ 3 2 の温度を 2 5 ~ 3 0 °C の範囲内の一定温度に制御するために用いられるので、温度変化は比較的小さく、サーミスタ 4 4 の劣化は少ない。

【 0 0 6 1 】

このように、サーミスタ 2 4 及び 4 4 の温度は独立に変化するのであるが、光源モジュールの電源投入前はモジュール内の温度分布は比較的緩やかであるから、サーミスタ 2 4 及び 4 4 の位置ではほぼ同一の温度がモニタリングされと考えられる。従って、電源投入直後で且つ温度制御を開始する前にサーミスタ 2 4 及び 4 4 によりそれぞれ温度のモニタリングを行い、その差分をサーミスタ 2 4 の劣化に起因するものとみなすことで、サーミスタ 2 4 の劣化量を把握することができる。

【 0 0 6 2 】

今、ある環境温度における製造時のサーミスタ 2 4 及び 4 4 の温度がそれぞれ T_1 及び T_2 であったとする。そして、この光源モジュールを長時間使用したのちに、電源投入直後で且つ温度制御開始前のサーミスタ 2 4 及び 4 4 の温度がそれぞれ T_3 及び T_4 であったとする。この場合、初期のサーミスタ間の温度差 ΔT_f は $(T_1 - T_2)$ であり、長時間経過した後のサーミスタ間の温度差 ΔT_l

は $(T_3 - T_4)$ である。

【0063】

サーミスタ44の劣化を無視すると、長時間経過後と初期のサーミスタ間の温度差の差は、次のようにあらわされる。

【0064】

$$\Delta T_f - \Delta T_1 = (T_1 - T_2) - (T_3 - T_4) = (T_1 - T_3) - (T_2 - T_4)$$

仮に環境温度が同一で $T_2 = T_4$ であると仮定すると、次のようになる。

【0065】

$(\Delta T_f - \Delta T_1 = T_1 - T_3)$ この式で与えられる値は初期と長時間経過後のサーミスタ24の温度差、つまりサーミスタ1の劣化分を意味している。また、 $T_2 = T_4$ でない場合でも、製造時にサーミスタ間の温度差 $\Delta T_f = T_1 - T_2$ の値をEEPROM48に蓄積しておき、毎回立ち上げるたびに $\Delta T_1 = T_3 - T_4$ を測定することによって、常にサーミスタ24の最新の劣化分を把握することができる。これをより具体的に説明する。

【0066】

図8は波長ドリフトを補正した立ち上げ処理を説明するための他のフローチャートである。まず、ステップ201では、光源モジュールの電源が投入され、立ち上げ処理が開始される。

【0067】

ステップ202では、サーミスタ24及び44で温度がモニタリングされ、その差分と製造初期の差分とが比較され、サーミスタの劣化が算出される。なお、製造初期の差分 ΔT_f の値 $(T_1 - T_2)$ はEEPROM48から読み込まれる。

【0068】

次に、ステップ203では、所望の波長チャネルを出力するLDの最新の温度設置値が読み込まれ、初期温度設定値との温度ずれが算出される。そして、その温度ずれとステップ202で算出されたサーミスタ劣化温度分とから所望チャネルを出力するLDの電流密度変化が次式によって算出される。

【 0 0 6 9 】

(LD 電流密度変化) = [(所望チャンネルの初期温度設定値) - (最新温度設定値)] - サーミスタ劣化温度分 ($\Delta T_f - \Delta T_L$)

そして、ステップ 2 0 4 では所望チャンネルに関して温度補正が実行される。より特定のには所望チャンネルの LD の立ち上げ温度が次の式に従って補正される。

【 0 0 7 0 】

(LD 立ち上げ温度) = (LD の初期温度設定値) + (サーミスタ劣化分) + (LD 電流密度変化)

次いで、ステップ 2 0 5 では、所望チャンネルに関して温度制御が開始される。

【 0 0 7 1 】

そして、ステップ 2 0 6 で、ステップ 2 0 5 における温度制御の結果が安定した後、そのチャンネルに関して光出力がオンにされる。

【 0 0 7 2 】

そして、ステップ 2 0 7 により、そのチャンネルに関してマルチ波長ロッカーによる波長引き込み処理が行われ、立ち上げ処理が終了する。

【 0 0 7 3 】

なお、この立ち上げ処理が終了した後、マルチ波長ロッカーで波長制御を行いながら、一定時間間隔でそのときに出力中の LD の温度設定値を記憶しておくことによって、前述した補正処理の更新を容易に行うことができる。

【 0 0 7 4 】

この実施形態では、サーミスタ 2 4 及び 4 4 が同一のモジュールハウジング 1 0 内に設けられているが、LD ベース 1 8 とエタロンベース 3 0 とを別のハウジング内に設けることによってサーミスタ 2 4 及び 4 4 が異なるハウジング内にあるようにしてもよい。

【 0 0 7 5 】

また、この実施形態では、サーミスタ 4 4 は波長ロッカー用に設けられたものであるが、高温でなく且つ大きな温度変化を伴わないように使用されるサーミスタであればどのようなものでもサーミスタ 4 4 に代えて用いることができる。

【 0 0 7 6 】

さらに、2つより多くのサーミスタを用い、同様に本発明を実施しても良い。
なお、この場合には、少なくとも1つのサーミスタが高温でなく且つ大きな温度変化を伴わない場所に設けられることが望ましい。

【 0 0 7 7 】

また、立ち上げ時のLDモジュールの温度が常に同じ ($T_2 = T_4$) になるように、LDモジュール全体を温度制御素子（ペルチェクーラ）の上に搭載し、モジュール全体を温度制御することによって、立ち上げ時のモジュール温度を同一にすることもできる。

【 0 0 7 8 】

本発明は以下の付記を含むものである。

【 0 0 7 9 】

（付記1） 複数のレーザダイオードと、
上記複数のレーザダイオードの近傍に設けられた温度センサと、
上記温度センサの出力に基づき上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、
上記複数のレーザダイオードから選択される参照レーザダイオードの温度制御条件に従って他のレーザダイオードの温度制御条件を補償する手段とを備えた光源装置。

【 0 0 8 0 】

（付記2） 付記1に記載の光源装置であって、
上記複数のレーザダイオードには互いに異なる複数の波長が割り当てられており、上記複数のレーザダイオードは択一的に駆動される光源装置。

【 0 0 8 1 】

（付記3） 付記1に記載の光源装置であって、
上記温度センサはサーミスタである光源装置。

【 0 0 8 2 】

（付記4） 付記1に記載の光源装置であって、
上記参照レーザダイオードの温度制御条件の変化は初期温度設定値と最新の温度設定値の比較結果を含み、それにより上記温度センサの劣化が上記他のレーザ

ダイオードの温度制御条件の補償に反映される光源装置。

【 0 0 8 3 】

(付記 5) 付記 4 に記載の光源装置であって、

上記参照レーザダイオードは上記他のレーザダイオードに対して相対的に低温になるように駆動される光源装置。

【 0 0 8 4 】

(付記 6) 付記 1 に記載の光源装置であって、

上記参照レーザダイオードは上記複数のレーザダイオードの端に位置している光源装置。

【 0 0 8 5 】

(付記 7) 付記 1 に記載の光源装置であって、

上記温度センサは上記複数のレーザダイオードの概ね中央の近傍に位置している光源装置。

【 0 0 8 6 】

(付記 8) 付記 1 に記載の光源装置であって、

上記制御ループは、上記複数のレーザダイオードに光学的に結合され透過率が波長に対して実質的に周期的に変化する光フィルタと、上記光フィルタの透過光の強度が一定になるように上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御する手段とを含む光源装置。

【 0 0 8 7 】

(付記 9) 複数のレーザダイオードを有する光源装置の波長制御装置であって、

上記複数のレーザダイオードの近傍に設けられた温度センサと、

上記温度センサの出力に基づき上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、

上記複数のレーザダイオードから選択される参照レーザダイオードの温度制御条件の変化に従って他のレーザダイオードの温度制御条件を補償する手段とを備えた制御装置。

【 0 0 8 8 】

(付記 1 0) 付記 9 に記載の制御装置であって、
上記温度センサはサーミスタである光源装置。

【 0 0 8 9 】

(付記 1 1) 付記 9 に記載の制御装置であって、
上記参照レーザダイオードの温度制御条件の変化は初期温度設定値と最新の温度設定値の比較結果を含み、それにより上記温度センサの劣化が上記他のレーザダイオードの温度制御条件の補償に反映される光源装置。

【 0 0 9 0 】

(付記 1 2) 付記 9 に記載の制御装置であって、
上記制御ループは、上記複数のレーザダイオードに光学的に結合され透過率が波長に対して実質的に周期的に変化する光フィルタと、上記光フィルタの透過光の強度が一定になるように上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御する手段とを含む光源装置。

【 0 0 9 1 】

(付記 1 3) 複数のレーザダイオードと、
上記複数のレーザダイオードの近傍に設けられた第 1 の温度センサと、
上記複数のレーザダイオードが駆動されるときに上記第 1 の温度センサが設けられる位置と比較して相対的に低温な位置に設けられる第 2 の温度センサと、
上記第 1 の温度センサの出力に基づき上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、
上記第 2 の温度センサの検出温度に従って上記第 1 の温度センサの検出温度を補償する手段とを備えた光源装置。

【 0 0 9 2 】

(付記 1 4) 付記 1 3 に記載の光源装置であって、
上記複数のレーザダイオードには互いに異なる複数の波長が割り当てられており、上記複数のレーザダイオードは択一的に駆動される光源装置。

【 0 0 9 3 】

(付記 1 5) 付記 1 3 に記載の光源装置であって、
上記第 1 及び第 2 の温度センサの各々はサーミスタである光源装置。

【 0 0 9 4 】

(付記 1 6) 付記 1 3 に記載の光源装置であって、

上記制御ループは、上記複数のレーザダイオードに光学的に結合され透過率が波長に対して実質的に周期的に変化する光フィルタと、上記光フィルタの透過光の強度が一定になるように上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御する手段とを含む光源装置。

【 0 0 9 5 】

(付記 1 7) 付記 1 6 に記載の光源装置であって、

上記第 2 の温度センサは上記光フィルタの近傍に設けられ、

上記第 2 の温度センサの出力に基づき上記光フィルタの温度が一定に維持されるように制御する手段を更に備えた光源装置。

【 0 0 9 6 】

(付記 1 8) 複数のレーザダイオードを有する光源装置の波長制御装置であって、

上記複数のレーザダイオードの近傍に設けられた第 1 の温度センサと、

上記複数のレーザダイオードが駆動されるときに上記第 1 の温度センサが設けられる位置と比較して相対的に低温な位置に設けられる第 2 の温度センサと、

上記第 1 の温度センサの出力に基づき上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、

上記第 2 の温度センサの検出温度に従って上記第 1 の温度センサの検出温度を補償する手段とを備えた制御装置。

【 0 0 9 7 】

(付記 1 9) 付記 1 8 に記載の制御装置であって、

上記第 1 及び第 2 の温度センサの各々はサーミスタである制御装置。

【 0 0 9 8 】

(付記 2 0) 付記 1 8 に記載の制御装置であって、

上記制御ループは、上記複数のレーザダイオードに光学的に結合され透過率が波長に対して実質的に周期的に変化する光フィルタと、上記光フィルタの透過光の強度が一定になるように上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御する

手段とを含む光源装置。

【 0 0 9 9 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によると、WDMに適用可能な光源装置において、波長制御を容易に行い得るようになるという効果が生じる。本発明の特定の実施形態による効果は以上説明した通りであるので、その説明を省略する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は WDM に適用可能なチューナブルレーザのチップ構成を示す透視図である。

【図 2】

図 2 は図 1 に示されるチューナブルレーザの波長チャネルの分担例を示す図である。

【図 3】

図 3 は本発明による光源装置としての光源モジュールの実施形態を示す図である。

【図 4】

図 4 は本発明による光源装置の波長制御装置の実施形態を示すブロック図である。

【図 5】

図 5 は波長チャネルの他の分担例を表として示した図である。

【図 6】

図 6 は本発明による制御の一例を示すフローチャートである。

【図 7】

図 7 は LD アレイチップにおけるサーミスタの配置位置を説明するための図である。

【図 8】

図 8 は本発明による制御の他の例を示すフローチャートである。

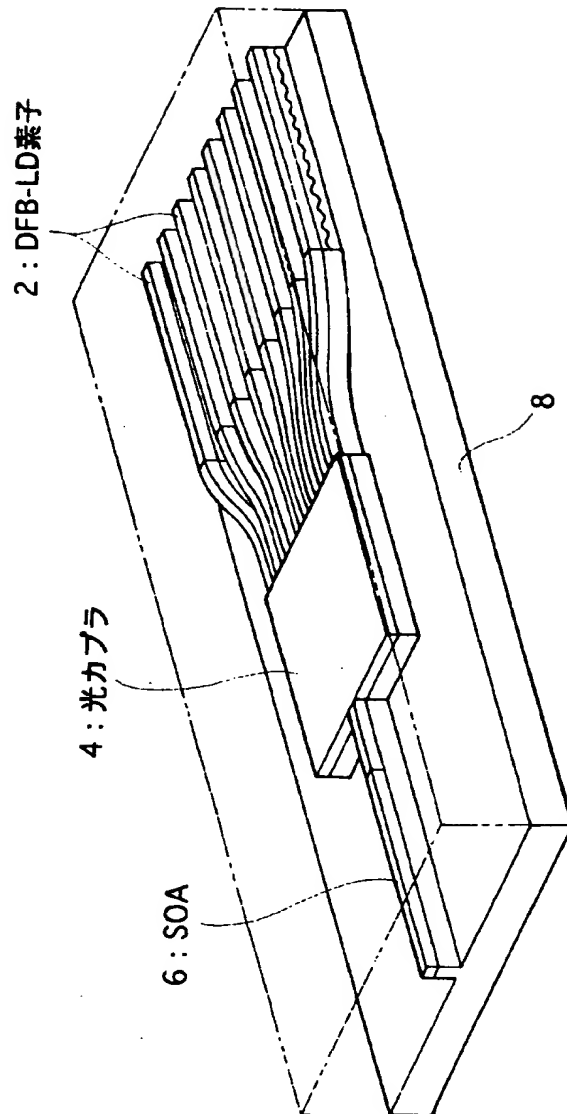
【符号の説明】

- 2 DFB-LD素子
- 4 光カプラ
- 6 SOA (半導体光増幅器)
- 10 モジュールハウジング
- 12 光源ユニット
- 14 制御ユニット
- 16, 28 ペルチェ素子
- 24, 44 サーミスタ

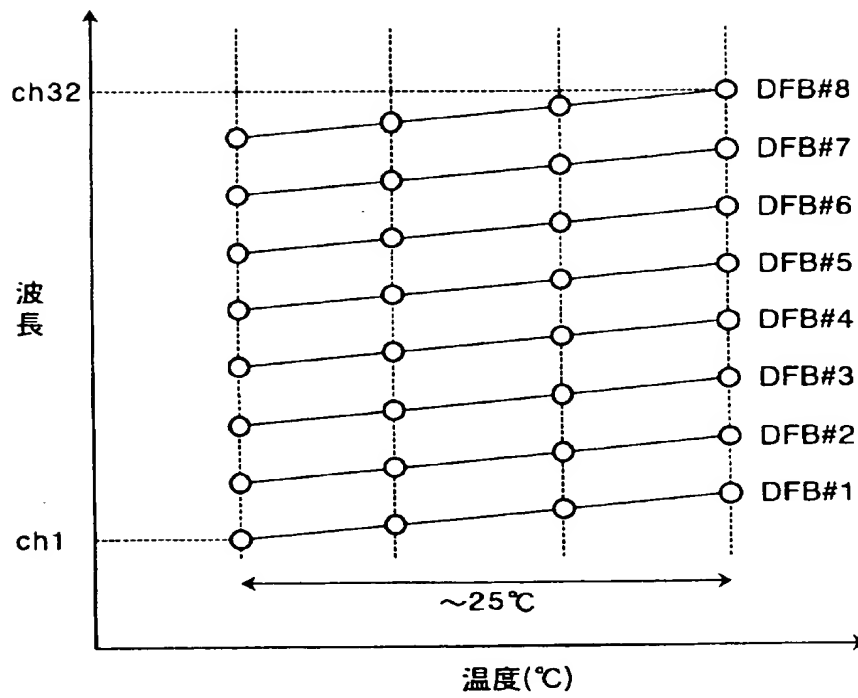
【書類名】

図面

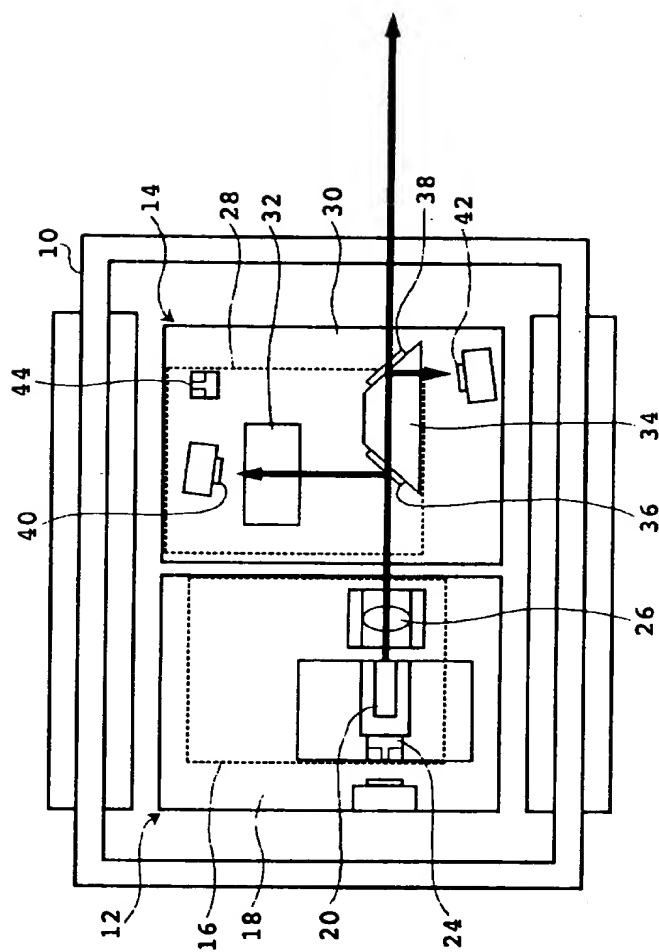
【図 1】



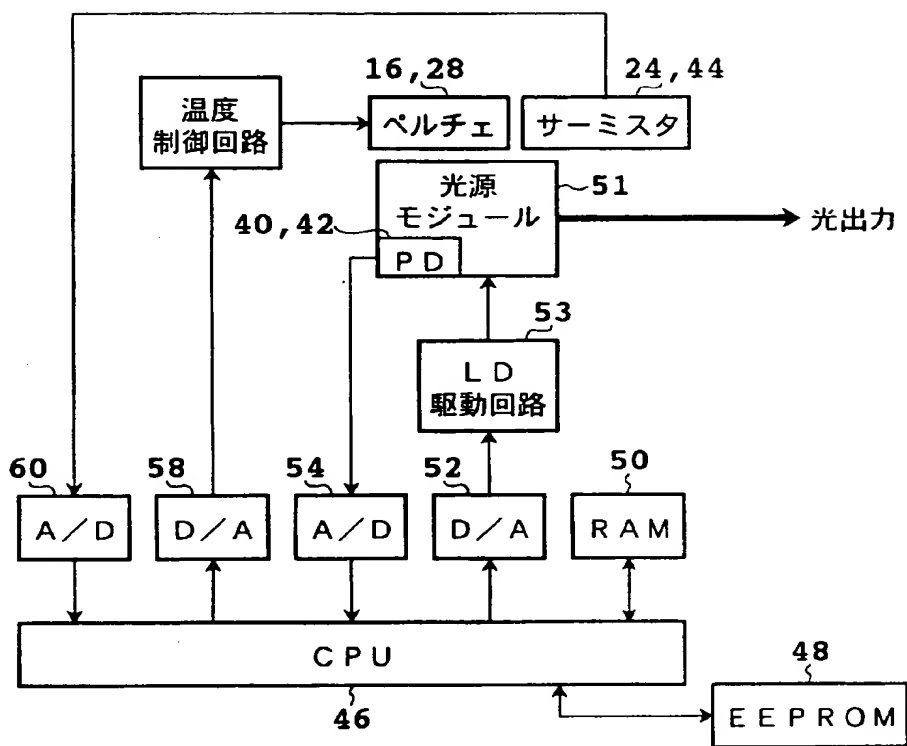
【図 2】



【図 3】



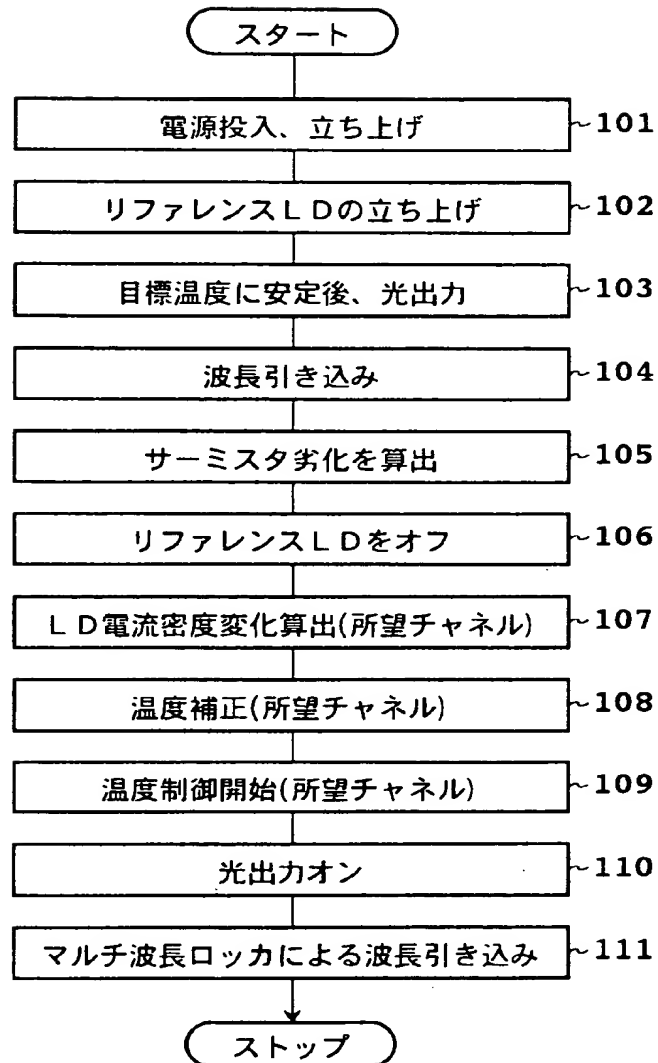
【図 4】



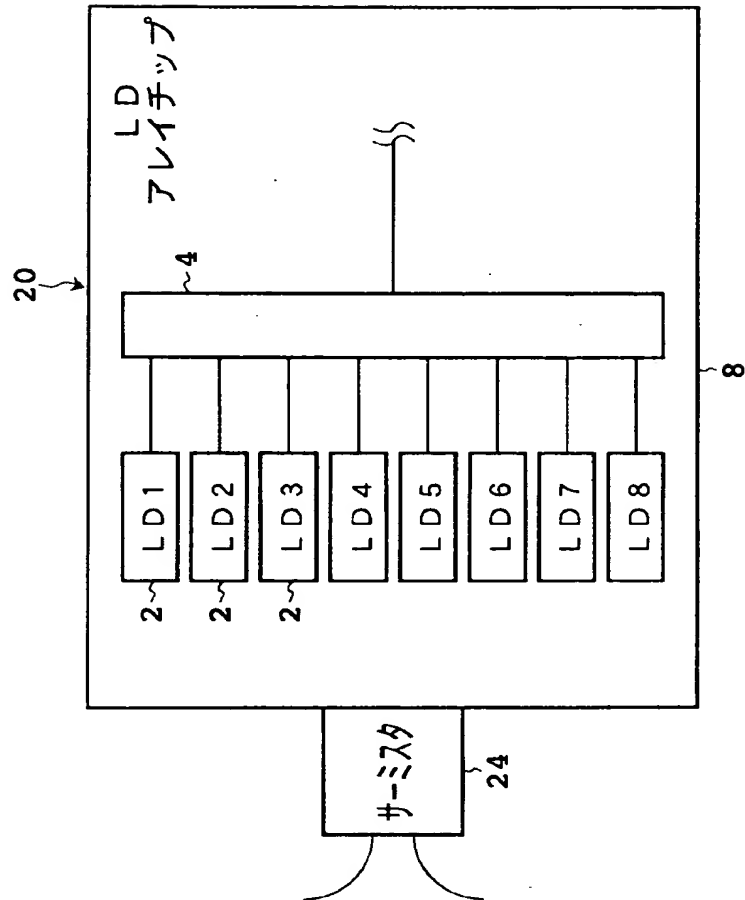
【図 5】

LD 温度(℃)	26	30	34	38	42	46	50
アレイ 1	—	—	—	—	—	—	CH1
アレイ 2	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8
アレイ 3	CH9	CH10	CH11	CH12	CH13	CH14	CH15
アレイ 4	CH16	CH17	CH18	CH19	CH20	CH21	CH22
アレイ 5	CH23	CH24	CH25	CH26	CH27	CH28	CH29
アレイ 6	CH30	CH31	CH32	CH33	CH34	CH35	CH36
アレイ 7	CH37	CH38	CH39	CH40	CH41	CH42	CH43
アレイ 8	CH44	—	—	—	—	—	—

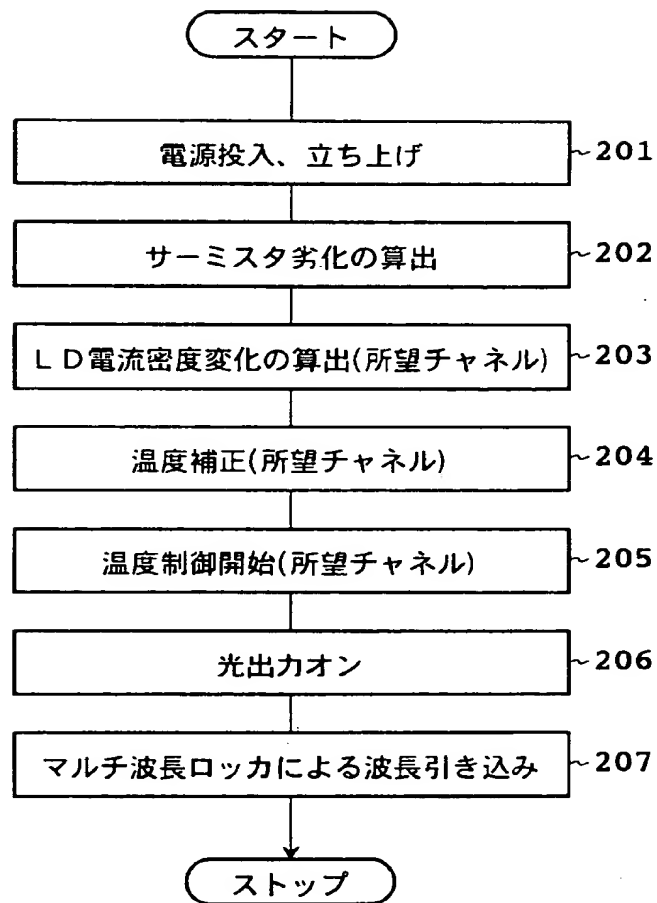
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は光源装置及び光源装置の波長制御装置に関し、WDMに適用可能な光源装置において波長制御を容易に行い得るようにすることが課題である。

【解決手段】 本発明による光源装置は複数のレーザダイオードと、上記複数のレーザダイオードの近傍に設けられた温度センサと、上記温度センサの出力に基づき上記複数のレーザダイオードの各々の温度を制御することによりその発振波長を制御する制御ループと、上記複数のレーザダイオードから選択される参照レーザダイオードの温度制御条件に従って他のレーザダイオードの温度制御条件を補償する手段とを備えている。

【選択図】 図3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日	1996年 3月26日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名	富士通株式会社